

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-093133

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

H01L 31/12

G01J 1/02

G02B 5/08

G02B 6/42

H01S 3/18

(21)Application number : 09-224597

(71)Applicant : HEWLETT PACKARD CO <HP>

(22)Date of filing : 21.08.1997

(72)Inventor : YANG LONG

(30)Priority

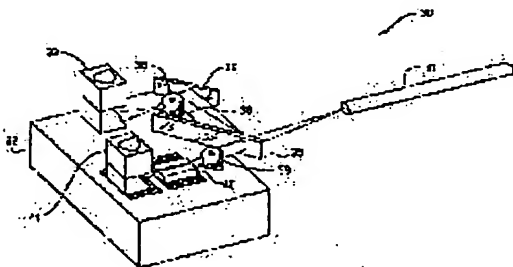
Priority number : 96 705873 Priority date : 28.08.1996 Priority country : US

(54) PHOTODETECTION DEVICE WITH INTEGRATED MIRROR AND ITS PREPARATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To integrate a device by batch treatment by forming an approximately pyramid-like cavity in a substrate, making a cavity cross with an upper surface of a substrate at a predetermined angle, providing a reflecting side wall part, fixing a photodetector to a substrate facing a reflecting side wall part of a cavity and separating a substrate from a photodetector at a cavity part.

SOLUTION: A cavity is formed by anisotropically etching a fixing member 32, a side wall surface of a cavity lies on a crystal surface of the fixing member 32 and crosses a crystal surface at an angle of about 54.7° . Spherical lenses 36, 39 are put in a cavity, an optical filter 35 and a mirror 34 are bonded to an upper surface of the member 32, and a surface detecting type integrated photodetector which is the same as each of integrated photodetectors 33, 41 is formed. Only one alignment is necessary for fixing the integrated photodetectors 33, 41 to the fixing member 32, and when each of the integrated photodetectors 33 and 41 is fixed, alignment between a mirror and a photodetector is not required. Furthermore, the detectors 33, 41 can be formed by batch treatment through this integration.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.08.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 11.04.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3167650

[Date of registration] 09.03.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2000-10408

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 07.07.2000

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-93133

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int. Cl.⁶

識別記号

F I

H01L 31/12

H01L 31/12

E

G01J 1/02

G01J 1/02

B

G02B 5/08

G02B 5/08

Z

6/42

6/42

H01S 3/18

H01S 3/18

審査請求 有 請求項の数10 O L (全12頁)

(21) 出願番号 特願平9-224597

(22) 出願日 平成9年(1997) 8月21日

(31) 優先権主張番号 7 0 5, 8 7 3

(32) 優先日 1996年 8月28日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590000400

ヒューレット・パッカード・カンパニー
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 ロン・ヤン

アメリカ合衆国カリフォルニア州ユニオン
シティ・シーサイドコート 5122

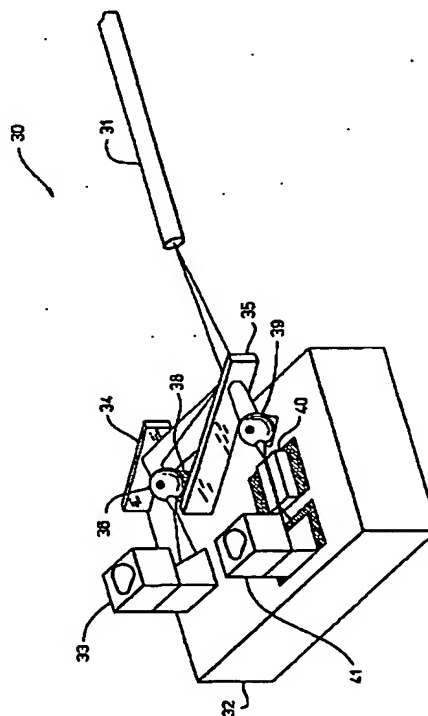
(74) 代理人 弁理士 上野 英夫

(54) 【発明の名称】 一体化鏡を備えた光検出器及びその作成方法

(57) 【要約】

【目的】 基板上に光学部品を配置するフォトリソ・デバイスにおいて、基板に平行に進む光を検出する光検出器の基板への取り付けを簡単にするとともに、そのような光検出器の製造コスト低下及び小型化を図る。

【構成・作用】 反射鏡付きの台と、光検出素子を検出面を反射鏡に向けた状態で台の上に接着した構造の光検出器 33、41。反射鏡は半導体ウエファを異方性エッチングすることによって作成でき、また光検出素子も半導体ウエファ上に作成できる。この2枚のウエファを張り合わせてから個々の光検出器部分に切り分けることによって、反射器と光検出素子が一体となっており、それによって基板への取り付け時に両者の位置関係の調節が不要である光検出器を一度に大量に作成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】光検出器(300)と反射器(214、217)を一体化する方法であって、

(A) 予め定められた角度で基板(200)の上部表面と交差するとともに反射器(214、217)の働きをする反射性側壁(212、215)を備えたほぼ角錐形の空洞(210、211)を前記基板(200)に形成するステップと、

(B) 光検出器(300)をその活性領域(301、302)が前記空洞(210、211)の前記反射性側壁(212、215)に面するようにして前記基板(200)に取り付けるステップと、

(C) 前記基板(200)を前記空洞(210、211)の位置で分離し、その前記反射性側壁(212、215)を前記光検出器(300)の前記活性領域(301、302)に対して平行に進む光にさらすステップを含む方法。

【請求項2】前記ステップ(B)の前に、前記反射性側壁(212、215)に反射率の高い金属層(250、253)を被着させるステップを設けたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】前記基板(200)の上部表面と下部表面に金属層(220、221)を被着させて、前記金属層(220、221)が、前記ステップ(B)の前に前記反射性側壁(212、215)上の反射率の高い前記金属層(221)に電気的に接続されるようにするステップを設けたことを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項4】反射率の高い前記金属層(221)に誘電体コーティング(250、253)を施すステップを設けたことを特徴とする請求項2または3に記載の方法。

【請求項5】前記反射性側壁(212、215)に誘電体層を被着させて、前記反射器(214、217)を波長依存反射器にするステップを設けたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項6】前記基板(200)が結晶シリコン基板であるとともに、

前記ステップ(A)に、前記基板(200)に異方性エッチングを施して角錐形空洞(210、211)を形成し、前記反射性側壁(212、215)が前記基板(200)の結晶面によって形成されるようにするステップを設けたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項7】前記予め定められた角度が約54.7°であることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項8】前記ステップ(B)に、前記光検出器(300)を前記基板(200)に接着するステップを設けたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項9】前記光検出器(300)が導電性エポキシ、ハンダ、またはハンダとエポキシの組み合わせによって基板(200)に接着されることと、前記角錐形空洞(210、211)がほぼ矩形の開口部

を備えているとともに、前記基板(200)の上部表面から前記基板(200)の下部表面まで延びていることを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項10】(A) 活性領域(62)を備えた光検出器(61)と、

(B) 予め定められた角度で基板(63)の表面(72)と交差する側部表面(64)を備える基板(63)を設け、

前記側部表面(64)が反射性であることと、前記光検出器(61)が、その活性領域(62)が前記側部表面(64)に面するようにして基板(63)の上部表面(72)に接着され、

前記光検出器(61)の活性領域(62)に対して平行に進む光が前記側部表面(64)によって反射されて前記光検出器(61)の前記活性領域(62)に入射することができるようにしていることを特徴とする一体化フォトンクス・デバイス(60)。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバまたはフォトンクス・モジュールに関するものである。とりわけ、本発明は、一体化鏡を備えた光検出器の作成に関するものである。

【0002】

【従来技術及びその問題点】光通信システムは、低エラー・レートかつ低コストで、極めて多量の情報を長距離に伝送するために広く使用されている。このため、フォトンクス・パッケージまたはモジュールといった光通信システムのコンポーネントについてのかなりの開発がなされてきた。フォトンクスとは、電子属性と光学属性の両方を共有するデバイス一般のことを言う。これらのデバイスは、電子信号に応答してコヒーレントな光を発生するレーザ・デバイス、及び光に応答して電子信号を発生する光検出器であってよい。

【0003】一般に、双方向フォトンクス・モジュールは、エッジ発光半導体レーザ及び表面検出型光検出器を使用している(図1参照)。図1からわかるように、エッジ発光レーザ11は放射角度が比較的に広いので、通常、光学結合の効率を高めるため、レンズ12がレーザ11と光ファイバ13の間に挿入される。更に、光ファイバ13と光検出器15の間にもレンズ17が挿入されるのが普通である。レンズ17を挿入することによって、光ファイバ13と光検出器15の間の光学的結合効率が向上する。フォトンクス・モジュールは双方向性モジュールであるため、光ファイバ13から放出された光ビームをレンズ17に反射し、またレンズ12からの光ビームが光ファイバ13に到達できるようにするため、光学フィルタ18が用いられる。もう1つの光検出器19が、レーザ11の後部ファセット・モニタとして用いられる。

【0004】フォトリソ・モジュール10を作成するに当っては、レーザ11、レンズ12、光学フィルタ18、及び光ファイバ13は、互いに正確にあらかじめ定められた位置合わせ関係になければならない。更に、光ファイバ13、光学フィルタ18、レンズ17、及び光検出器15は、互いに正確に予め定められたアラインメントをとらなければならない。これを実現するため、図2に示すように、コンポーネントを正しい位置にまた互いに位置合わせして保持するため、一般に、固定具(fixture)及び/または取り付け具(mount)が必要になる。

【0005】図2からわかるように、固定具21は、レンズ12を正しい位置に、かつこれもやはり固定具21に取り付けられるレーザ11とあらかじめ定められたアラインメントのとれた状態に保持するために用いられる。この固定具21は、更に光ファイバ13及び光学フィルタ18を正しい位置に保持するもう1つの固定具22に結合される。レンズ17を正しい位置であって光検出器15と位置合わせのとれた状態に保持するため、第3の固定具20が使用される。固定具20は、光検出器15の取り付け及び固定も行う。光検出器15は(図3に示すように)表面検出型光検出器であるため、図2に示すように入射光に対して垂直に固定具20に取り付けられる。固定具20は固定具22にも結合される。レーザ11、レンズ12及び17、光検出器15、光学フィルタ18、及び光ファイバ13のアラインメントは、固定具20~22によって実現される。

【0006】こうしたフォトリソ・モジュールまたはパッケージの欠点の1つは、比較的高い精度を必要とするため固定具の作成が高つくということである。もう1つの欠点は、一般に、固定具を用いてフォトリソ・モジュールアセンブルするのに時間がかかるので、生産性が低くなるということである。更に、フォトリソ・モジュールのアセンブル時にアラインメントを取りまた調整を行うための時間も必要になるかもしれない。これは、一般に、それほど熟練しているわけではないオペレータが、必要とされる位置合わせ基準を維持しながら大量生産を行うに当って障害になる。これらの要素は、一般に、フォトリソ・モジュールのコスト削減の妨げとなる。

【0007】もう1つの欠点は、一般に、レーザ(例えば、レーザ11)が取り付けられる取り付け部材に(図1ないし図3に示す光検出器19のような)表面検出型光検出器を取り付けるのが困難であるということである。これは、表面検出型光検出器は、その前部表面が取り付け部材の上部表面に対して垂直になるような状態で取り付け部材に垂直に取り付ける必要があるためである。しかし、表面検出型光検出器を取り付け部材に垂直に取り付けるには複雑なボンディング及びパッケージングのステップが必要とされる。更に、取り付け部材の上部表面に対して垂直に配置される光検出器にボンディン

グ・ワイヤを取り付けるにはコストの高つくプロセスが必要になる。

【0009】

【概要】本発明は、そのコンポーネントが単一取り付け部材に取り付けられたフォトリソ・モジュールを提供するものである。

【00010】本発明は、表面検出型光検出器をエッジ検出型光検出器として取り付け部材に取り付けることができるように、反射器(例えば、鏡または波長依存反射器)と表面検出型光検出器を互いに一体化するものである。

【00011】本発明は、取り付け部材に取り付けられるコンポーネント数を減らすことができるように、反射器(例えば、鏡または波長依存反射器)を光検出器に組み込むものである。

【00012】本発明は、バッチ処理によって、光検出器及び反射器(例えば、鏡または波長依存反射器)を備えた一体化されたデバイスを作成するものである。

【00013】以下では、一体化フォトリソ・デバイスについて説明する。一体化フォトリソ・デバイスには活性領域を備えた光検出器が含まれている。基板の側部表面があらかじめ定められた角度で基板の上部表面と交差している。側部表面は反射性である。光検出器は、その活性領域が側部表面に面するようにして、基板の上部表面に接着されており、この側部表面によって、基板の上部表面に対して平行に進む光を反射し、光検出器の活性領域に送り込むことができるようになっている。

【00014】光検出器と反射器を一体化する方法について述べる。この方法には基板にほぼ角錐形の空洞を形成するステップが含まれている。角錐形空洞は、(1)基板の上部表面と予め定められた角度で交差し、(2)反射器として機能する、反射性側壁部を備えている。光検出器は、その活性領域が空洞の反射性側壁部に面するようにして、基板に取り付けられる。次に、反射性側壁部を光検出器の活性領域に対して平行に進む光にさらすため、基板は空洞部分で光検出器から切り離されている。

【00015】本発明の他の特徴及び利点については、本発明の原理を例示した、添付の図面に関連して記述される以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

【00016】

【実施例】図4は、本発明の実施例の1つを実施する一体化された光検出器33及び41を備える双方向フォトリソ・モジュール30の透視図である。このようにする代わりに、フォトリソ・モジュール30は、双方向フォトリソ・モジュールでなくてもよい。この場合、フォトリソ・モジュール30には光検出器33及び41より多いか、あるいは少ない光検出器を含んでもよい。図4には一体化された光検出器33及び41が部分的に示されている。図5はフォトリソ・モジュール30の平面図であり、これも光検出器33及び41を示し

ている。図7ないし図9には一体化された光検出器33及び41の夫々の完全な構造が示されており、これについては下でもっと詳細に説明する。

【0017】図4及び5からわかるように、フォトニクス・モジュール30には、一体化光検出器33及び41以外に、レーザ40、光学フィルタ35、鏡34、及び球面レンズ36及び39も含まれている。フォトニクス・モジュール30はまた光ファイバ31と光学的にも結合される。一体化光検出器41はレーザ40の後部ファセット・モニタとして機能する。フォトニクス・モジュール30の光ファイバ31を除く全てのコンポーネントが、フォトニクス・モジュール30の取り付け部材32に取り付けられる。

【0018】ある実施例では、取り付け部材32は半導体材料から造られる。取り付け部材32に半導体材料を用いることによって、フォトニクス・モジュール30のコンポーネントの取付に備えて、フォトリソグラフィック・マスキング及びエッチング・プロセスによって、取り付け部材32を処理することができる。既知のように、フォトリソグラフィック・マスキング及びエッチング・プロセスは、非常に高精度の半導体集積回路作成に広く用いられている。従って、これによって、非常に高い精度で取り付け部材32を処理できる。

【0019】これに加えて、取り付け部材32に半導体材料を用いると、フォトニクス・モジュール30のコンポーネントを単一の取り付け部材32に取り付けることができるため、フォトニクス・モジュール30のサイズを大幅に縮小することができる。更に、バッチ処理を使用することによって、単一のシリコン・ウェーハから取り付け部材32と同じ取り付け部材を多数作成することができる。

【0020】ある実施例では、取り付け部材32は<100>結晶シリコン材料から造られる。こうする代わりに、他の結晶半導体材料を使用して取り付け部材32を形成することもできる。更に、半導体材料以外の材料から取り付け部材32を造ることもできる。

【0021】取り付け部材32が<100>シリコンの場合、例えば、KOH（すなわち水酸化カリウム）エッチング液を用いて、取り付け部材32を異方性エッチングして空洞を形成することができる。異方性エッチングの速度は、条件によっては1000対1にすることができる。これは、シリコン取り付け部材32に対する垂直方向のエッチング速度が、シリコン取り付け部材32の<111>結晶面に向かうエッチング速度より1000倍速いということを表している。換言すれば、<111>結晶面がエッチング停止材の働きをする。異方性エッチングを行うことにより、取り付け部材32の空洞のエッチングされた側壁面が、取り付け部材32の<111>結晶面上に横たわる。既知のように、<111>結晶面は取り付け部材32の<100>結晶面と約54. 50

7°の角度で交差する。取り付け部材32の上部表面と下部表面が<100>結晶面上に横たわっている場合、空洞の側壁は取り付け部材32の上部表面及び下部表面と約54. 7°の角度で交差する。このようにする代わりに、空洞の側壁と取り付け部材32の上部表面及び下部表面を54. 7°を超えるか、または、54. 7°未満の角度で交差させることもできる。例えば、取り付け部材32の前記表面が取り付け部材32の<100>結晶面上に横たわらないように取り付け部材32を作成する（例えば研磨）ことができる。この場合、取り付け部材32のこの表面は<100>結晶面に対して予め定められた角度 β をなす。これによって、取り付け部材32の<111>結晶面は、54. 7° $\pm\beta$ に等しい角度で、取り付け部材32の上部表面及び下部表面と交差する。

【0022】図4及び5からわかるように、レーザ40はエッジ発光レーザであり、取り付け部材32の上部表面に接着されている。球面レンズ36及び39が夫々角錐形空洞37及び38の一方に収容されている。角錐形空洞37、38は、夫々の側壁部が取り付け部材32の<111>結晶面上に位置するようにエッチングされている。光学フィルタ35及び鏡34は、取り付け部材32の上部表面に接着されている。

【0023】上述のように、一般に、表面検出型光検出器を取り付け部材32に直接取り付けるのは困難である。これは、表面検出型光検出器の前部表面が取り付け部材32の上部表面に対して垂直になるような状態で表面検出型光検出器を取り付け部材32に取り付ける必要があるためである。図4からわかるように、レーザ40または球面レンズ36からの光ビームは、取り付け部材32の上部表面に対して平行に進む。従って、表面検出型光検出器は、取り付け部材32に対して水平に取り付けまたは配置できるようにすることが望ましい。

【0024】これを実現するには、光検出器の前部表面に対して平行に進む入射光ビームを受け取るように、表面検出型光検出器がエッジ検出型光検出器として機能することができるような構成をとる必要がある。これは、図6に示すように、鏡または反射器を用いて入射光ビームを偏向させることによって実現できる。図6からわかるように、表面検出型光検出器51は入力光ビームに対して平行である。入力光ビームを偏向して表面検出型光検出器に送り込むため、光路内に鏡54が挿入されている。鏡54は、偏向された光ビームが光検出器51の前部表面に対してほぼ垂直になるように、入力光ビームの光学軸に対して約45°または54°の角度をなすように配置されている。従って、この構成によって、表面光検出器51はエッジ検出型検出器として機能する。

【0025】しかし、鏡54及び光検出器51を取り付け部材32（図4、図5）に直接取り付けたとすれば、光検出器51に対して鏡54を保持してアラインメント

をとるにはフレーム支持部材が別途必要になる。更に、鏡54は、取り付け部材32に取り付けてアラインメントをとる必要のある、別途追加された光学素子である。このため、一般に、このような構成により、フォトリソ・モジュールをこのような個別の光学素子とともにパッケージするための実装コストが増大する。

【0026】図4及び図5を参照すると、本発明の一実施例に従って、表面検出型光検出器51に鏡54が組み込まれて、一体化光検出器33及び41の夫々と同じ一体化光検出器が形成されている。これにより、取り付け部材32に対する一体化光検出器33及び41の取り付けが単純化され、フォトリソ・モジュール30のパッケージを行うコストが低下する。この場合、一体化光検出器33及び41はエッジ検出型光検出器として機能する。更に、取り付け部材32に一体化光検出器33及び41の夫々を取り付けるのに1回だけしかアラインメントをとる必要がなく、各一体化光検出器33、41は取り付け時には鏡と光検出器とのアラインメントを必要としない。更に、この一体化を行うことにより、各一体化光検出器33、41をバッチ処理で作成することができるので、一体化を行うことに関わるコストが低下する。

【0027】本発明のもう1つの実施例によれば、各一体化光検出器33、41は鏡以外の光学コンポーネントを光検出器に組み込むことができる。例えば、一体化される光学コンポーネントは、波長依存反射器（すなわち光学フィルタ）であってよい。

【0028】ある実施例では、各一体化光検出器33、41は半導体材料を用いて作成することができる。これは、各一体化光検出器33、41の鏡も半導体材料を用いて作成できるということを示している。そうする代わりに、各一体化光検出器33、41の鏡は他のタイプの材料によって作成してもよい。例えば、セラミック材料及び/または金属を使用して鏡を作成してもよい。

【0029】半導体材料を用いて鏡を作成して表面検出半導体光検出器に組み込むと、半導体集積回路の作成に広く用いられているフォトリソグラフィック・マスキング及びエッチングを使用できる。この結果、製作時における鏡と光検出器のアラインメントがかなりの精度でとれるようになる。更に、半導体材料及びフォトリソグラフィック・プロセスを用いると、バッチ処理によって単一の接着されたシリコン・ウェーハから多数の一体化光検出器33及び41を作成することが可能になるので、一体化に関わるコストが低下する。これにより、一体化光検出器33及び41の夫々を小さくすることもできる。一体化光検出器33及び41の夫々に関する構造及び作成方法については、下で図7ないし図10Eに関連してもっと詳細に説明する。

【0030】図7に、図4及び図5の一体化光検出器33、41を表す一体化光検出器60の透視図を示す。図8には図7の一体化光検出器60の8-8線に沿った側

断面図を示す。図9は一体化光検出器60の平面図である。図7ないし図9からわかるように、一体化光検出器60には表面検出型光検出器61及び鏡取り付け具63が含まれている。光検出器61には活性領域62が含まれている。光検出器61は半導体光検出器である。このことは、活性領域62が半導体基板上に形成されていることを意味している。光検出器61の前部表面70及び後部表面71は、光検出器61の電極の働きをする金属層（図示せず）がコーティングされている。

【0031】鏡取り付け具63は、半導体または他のタイプの材料から作成することができる。ある実施例では、鏡取り付け具63の作成に用いられる材料は<100>単結晶シリコン材料である。別の実施例では、<100>単結晶シリコン材料はN'<100>単結晶シリコン材料である。他の実施例では、鏡取り付け具63はセラミック材料または金属から造ることができる。以下で述べる鏡取り付け具63は、一例として<100>単結晶シリコン材料を用いている。

【0032】ある実施例では、鏡取り付け具63の上部表面及び下部表面は<100>シリコン鏡取り付け具63の<100>結晶面上に横たわっている。他の実施例では、鏡取り付け具63の上部表面及び下部表面は<100>結晶面上に横たわっておらず、予め定められた角度で<100>結晶面と交差している。鏡取り付け具63にはその側面81に開口部80が設けられている。開口部80は鳩の尾の形状をしており、3つの傾斜側壁部64~66によって画定されている。各側壁部64~66は結晶鏡取り付け具63の<111>結晶面上に横たわっている。鏡取り付け具63の上部表面及び下部表面が<100>結晶面上に横たわっているとき、各側壁部64~66は、図8に示すように、約54.7°の角度で鏡取り付け具63の上部表面及び下部表面と交差する。

【0033】側壁部64~66の表面が<111>結晶面上に横たわるようにすることによって、側壁部64~66は極めて平滑になり、鏡のような作用を持つ。これは、各側壁部64~66が、実際、反射性表面であって、反射器または鏡の働きをすることができるということの意味する。

【0034】側壁部64~66の反射率を高めるためには、各側壁部64~66に反射率の高い金属層（例えば、図8及び図9の金属層74~76）を被着させる。側壁部64~66に金属層74~76が形成されると、金属層74~76は鏡または反射器の働きをする。側壁部64~66の夫々に金属層を被着させない場合には、各側壁部64~66が鏡または反射器の働きをする。

【0035】これに加えて、鏡取り付け具63の上部表面72及び下部表面73の夫々にも金属層（図7ないし図9には示されていない）を被着させる。これにより、鏡取り付け具63の下部表面73の金属層が、金属層7

4~76を介して鏡取り付け具63の上部表面の金属層と接触することができる。この接続があるため、光検出器61が鏡取り付け具63に取り付けられると、鏡取り付け具63の下部表面の金属層が光検出器61の電極の1つとして機能することができる。

【0036】ある実施例では、反射率の高い金属層は金の層である。更に別の実施例では、反射率の高い金属層はアルミニウム層である。そのようにする代わりに、他の金属層を用いて反射率の高い層を形成することもできる。

【0037】このようにする代わりに、側壁部64~66に金属層を被着させなくてもよい。その代わり、側壁部64~66の1つまたは全てに1つ以上の誘電体層を被着させることによって、波長依存反射器(すなわち、光学フィルタ)を形成する。更に、金属層74~76の1つまたは全てに誘電体層を被着させて、金属層74~76上にあふれ出すかもしれない接着材料によって生じる金属層74~76の劣化から保護することもできる。

【0038】光検出器61は鏡取り付け具63に取り付けられる。この取り付けによって、光検出器61の活性領域62が鏡取り付け具63の開口部80の方を向く。この場合、光検出器61の活性領域62は、図8からわかるように、開口部80の鏡74と約54.7°の角度でアラインメントがとられる。更に、側壁部65及び66の後方にある鏡取り付け具63の一部分67及び68が、開口部80のまわりで光検出器61を支持する2つの肩の働きをする。光検出器61の活性領域62の下3つの鏡74~76によって、入射光ビームの発散角が比較的大きい場合の集光効率が向上する。更に、活性領域62の下3つの開口部80は、もしこのような構造でなければ光検出器61の活性領域62に達して光検出器61のノイズ・レベルを低下させるかもしれない望ましくない迷光に対するシールドの働きもする。

【0039】ある実施例では、光検出器61が導電性エポキシまたは他の導電性接着剤を用いて鏡取り付け具63に接着される。更に別の実施例では、光検出器61が鏡取り付け具63にハンダを用いて接着される。このようにする代わりに、他の接着メカニズムを使用して光検出器61を鏡取り付け具63に取り付けることもできる。

【0040】図10Aないし図10Eにはパッチ処理を使用して図7ないし図9の一体化光検出器60を作成するプロセスが示されている。図10Aからわかるように、 $\langle 100 \rangle$ 単結晶シリコン基板200が与えられる。基板200の上部表面及び下部表面は、 $\langle 100 \rangle$ 結晶表面である。ある実施例では、シリコン基板200は、N⁺シリコン基板である。こうする代わりに、他の材料を基板200に用いることもできる。例えば、セラミック材料または金属を用いて基板200を作成することもできる。

【0041】次に、基板200にフォトリソグラフィック・マスキング及び異方性エッチングを作用させることによって、多数のほぼ角錐形の空洞が基板200に形成される。これらの空洞は、基板200に取り付けられることになっている光検出器ウェーハ300(図10C及び10Dに示す)からの各光検出器毎に1つずつ作成される。図10Aには基板200上に形成される角錐形空洞210及び211だけしか示されていない。実際にはずっと多くの角錐形の空洞が基板200に形成される。

10 【0042】図10Aからわかるように、基板200に角錐形空洞(例えば、角錐形空洞210及び211)を形成するため、基板200の上部表面にマスク層201を被着させて、予め定められた予め定められた間隔距離をあけていくつかの開口部が形成される。各開口部で、基板200の上部表面が露出されている。基板200の下部表面にはマスク層202が被着される。

【0043】ある実施例では、各開口部は実質的に矩形である。もう1つの実施例では、各開口部は正方形である。

20 【0044】実施例の1つでは、各マスク層201~202はSi₃N₄マスク層である。こうする代わりに、他のタイプの既知のマスク層を用いることもできる。

【0045】次に、例えばKOH(すなわち、水酸化カリウム)エッチング液を使用して開口部を介して基板200を異方性エッチングすることによって、角錐形空洞(例えば、角錐形空洞210及び211)が形成される。異方性エッチングによって、基板200に形成された各角錐形空洞の側壁は、基板200の上部表面及び下部表面と約54.7°の角度で交差する基板200の $\langle 111 \rangle$ 結晶面上に横たわる。上述のように、基板200の $\langle 111 \rangle$ 結晶面は基板200の $\langle 100 \rangle$ 表面と約54.7°の角度で交差する。これに加えて、側壁を基板200の $\langle 111 \rangle$ 結晶面上に横たわらせることによって、側壁は極めて平滑になり、鏡のような作用を示す。

30 【0046】基板200の厚さは各空洞の側壁の少なくとも1つが鏡を形成するのに十分な表面積を備えるように選択される。ある実施例では、基板200の厚さは約200ミクロンである。そのようにする代わりに、基板200の厚さは200ミクロンより厚くもまた薄くもできる。

40 【0047】ある実施例では、また図10Aないし図10Eにも示すのだが、基板200に形成された角錐形空洞の夫々が基板200を貫通している。別の実施例では、基板200に形成された各角錐形空洞は基板200を貫通しない。

50 【0048】次に、マスク層201及び202が基板200から取り除かれ、図10Bに示されるように、基板200の上部表面及び下部表面に夫々金属層221及び金属層220が被着される。角錐形空洞の夫々の側壁に

も金属層221が被着される。例えば、角錐形空洞210の各側壁212、213、及び角錐形空洞211の各側壁215、216金属層221が被着される。

【0049】金属層221は反射率の高い金属層である。ある実施例では金属層221は金の層である。別の実施例では金属層221はアルミニウム層である。このようにする代わりに、他の反射率の高い金属を使用することもできる。

【0050】各空洞の側壁に被着した金属層221によって、各空洞の鏡状の側壁の反射率は、約30%から、それよりもはるかに高い値に上昇する。例えば、金の層は反射率を約98%に上昇させることができる。この結果、各空洞の各側壁毎に鏡（例えば、鏡214または217）が形成される。各空洞の各側壁は<111>結晶面上に横たわっているため、各側壁に形成された鏡（例えば、鏡214または217）は、基板200の上部表面及び下部表面に対して54.7°の角度で固定される。

【0051】このようにする代わりに、金属層221が角錐形空洞の夫々の側壁内に延びないようにすることもできる。この場合、鏡（例えば、鏡214または217）は単に鏡状側壁（例えば、側壁215または212）によって形成される。これは、各空洞の側壁が鏡状の表面を持っており、鏡または反射器として機能することができるためである。

【0052】更に、各空洞の側壁（例えば、側壁212及び215）に1または複数の誘電体層を直接被着させることによって、空洞の側壁に波長依存反射器（すなわち、光学フィルタ）が形成されるようにすることができる。

【0053】図10Cを参照すると、各空洞の鏡（例えば、鏡214及び217）に、誘電体コーティング（例えば、誘電体コーティング250及び253）を選択的に被着させることができる。例えば、鏡214には誘電体コーティング250が被着され、鏡217には誘電体コーティング253が施される。誘電体コーティングを被着させる目的は、鏡表面にあふれ出した接着材料によって生じる鏡の劣化を防止することにある。このようにする代わりに、誘電体コーティングを省略することもできる。誘電体コーティングは適切な任意の既知の誘電体コーティングであってよく、その被着方法は任意の既知の誘電体コーティングの被着方法としてよい。

【0054】基板200は、更に、光検出器ウェーハ300に接着される。図10Cからわかるように、ウェーハ300は、いくつかの半導体表面検出型光検出器（活性領域301及び302のような夫々の活性領域によって表されている）が、予め定められた間隔距離をあけて作製されているウェーハである。予め定められた間隔距離は、基板200に形成された空洞の予め定められた間隔距離に対応している。従って、これによって、ウェー

ハ300を基板200に接着した際に、光検出器ウェーハ300の光検出器と基板200の空洞内の鏡のアラインメントをとることができる。光検出器ウェーハの作成は当該技術において既知のところであり、以下では詳細な説明は与えない。

【0055】ある実施例では、導電性エポキシまたは他のタイプの接着剤を用いて光検出器ウェーハ300と基板200の接着が行われる。この場合、エポキシは、遠心力を使用して光検出器ウェーハ300に塗布される。別の実施例では、ハンダまたは他の金属ボンドを用いて光検出器300と基板200の接着が行われる。この場合、ハンダ・ボンドは、光検出器ウェーハ300と基板200の一方または両方にデポジットすることができる。このようにする代わりに、他のタイプの接着方法または材料を用いて、光検出器ウェーハ300と基板200を接着することもできる。例えば、ハンダ・ボンドを用いていくつかの点でウェーハ300を基板200に接着することができる。更に、ハンダ・ボンドによってウェーハ300と基板200の間に生じるギャップにエポキシを注入することによって、ハンダ・ボンドをいっそう強化することができる。

【0056】図10Dからわかるように、光検出器ウェーハ300と基板200を接着すると、活性領域（例えば、活性領域301または302）と54.7°の鏡（例えば、鏡214または217）のアラインメントがとれ、図7ないし図9の一体化光検出器60が形成される。次に、接着されたウェーハ300と基板200は、のこ引き切断線（例えば、のこ引き切断線400または401）に沿ってのこ引きで方形に切断することによって、または劈開して、一体化光検出器60（図7ないし図9参照）の多数の同一ユニット（例えば、図10Eのユニット60a~60c）が得られるようにすることによって分割される。図10Dからわかるように、のこ引き切断線は、光検出器ウェーハ300における各光検出器の活性領域外に引かれる。（図10Eに示すように）各個別ユニットには鏡と表面検出型光検出器の一体化されたものが含まれている。これに加えて、光検出器300と基板200を接着することによって、ウェーハ300における各光検出器の電極の1つと金属層220の接続も行われる。この結果、一体化光検出器60を図4及び図5の取り付け部材32に取り付けるのが容易になる。これによって、一体化光検出器60と図4及び図5のフォトリソ・モジュール30の他のデバイスとの電氣的接続も容易になる。

【0057】本明細書では、特定の実施例に関連して本発明の説明を行ってきた。しかし、当該技術の熟練者には明らかなように、本発明のより一般的な精神及び範囲を逸脱することなくさまざまな修正及び変更を加えることができる。従って、明細書及び図面は制限ではなく例示を意味するものとみなすべきである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 先行技術による双方向性フォトニクス・モジュールの概略図。

【図 2】 図 1 の双方向性フォトニクス・モジュールのパッケージを示す側断面図。

【図 3】 図 1 及び図 2 の双方向性フォトニクス・モジュールに用いられる先行技術による表面検出型光検出器を示す図。

【図 4】 本発明の実施例の 1 つに従って作成される一体化光検出器を備えた双方向性フォトニクス・モジュール 10 の透視図。

【図 5】 図 4 の双方向性フォトニクス・モジュールの平面図。

【図 6】 図 4 の一体化光検出器を概念的に示す図。

【図 7】 図 7 は、図 6 の一体化光検出器の透視図。

【図 8】 図 7 の一体化光検出器の側断面図。

【図 9】 図 7 の一体化光検出器の平面図。

【図 10 A】 図 7 ないし図 9 の一体化光検出器の作成ステップを示す図。

【図 10 B】 図 7 ないし図 9 の一体化光検出器の作成ステップを示す図。 20

【図 10 C】 図 7 ないし図 9 の一体化光検出器の作成ステップを示す図。

【図 10 D】 図 7 ないし図 9 の一体化光検出器の作成ステップを示す図。

【図 10 E】 図 7 ないし図 9 の一体化光検出器の作成ステップを示す図。

【符号の説明】

3 0 : フォトニクス・モジュール

3 1 : 光ファイバ

3 2 : 取り付け部材

3 3 : 光検出器

3 4 : 鏡

3 5 : 光学フィルタ

3 6 : 球面レンズ

3 7、3 8 : 角錐形空洞

3 9 : 球面レンズ

4 0 : レーザ

4 1、5 1 : 光検出器

5 4 : 鏡

6 0 : 光検出器

6 1 : 表面検出型光検出器

6 2 : 活性領域

6 3 : 鏡取り付け具

6 4、6 5、6 6 : 傾斜側壁

7 0 : 前部表面

7 1 : 後部表面

7 2 : 上部表面

7 3 : 下部表面

7 4、7 5、7 6 : 金属層

8 0 : 開口部

8 1 : 側面

2 0 0 : 基板

2 0 1、2 0 2 : マスク層

2 1 0、2 1 1 : 角錐形空洞

2 1 4 : 鏡

2 1 5、2 1 6 : 側壁

2 1 7 : 鏡

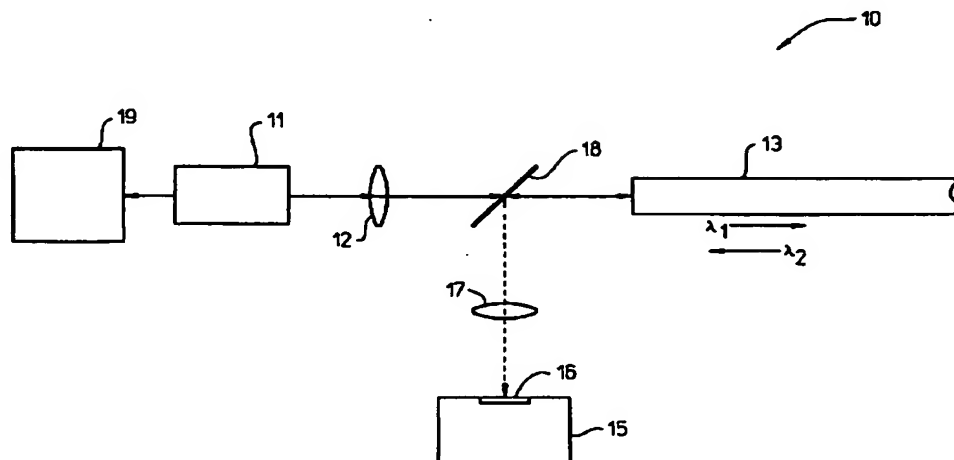
2 2 1、2 2 2 : 金属層

2 5 0、2 5 3 : 誘電体コーティング

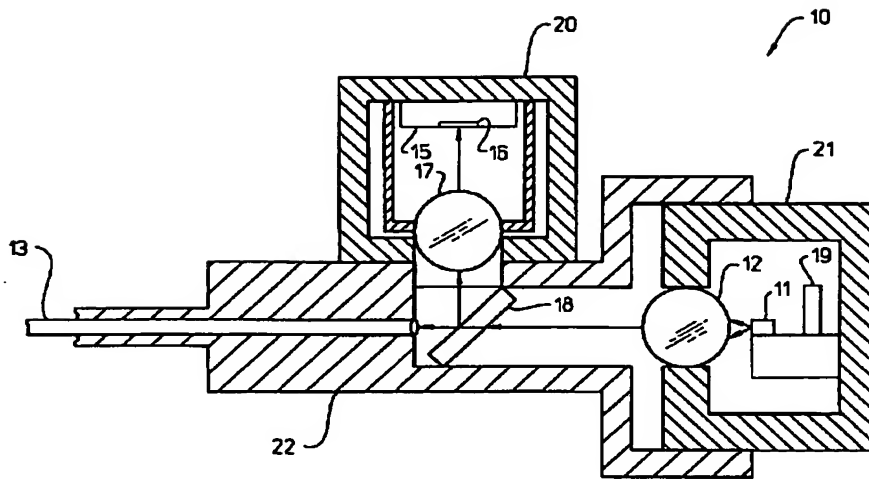
30 3 0 0 : 光検出器ウェーハ

3 0 1、3 0 2 : 活性領域

【図 1】

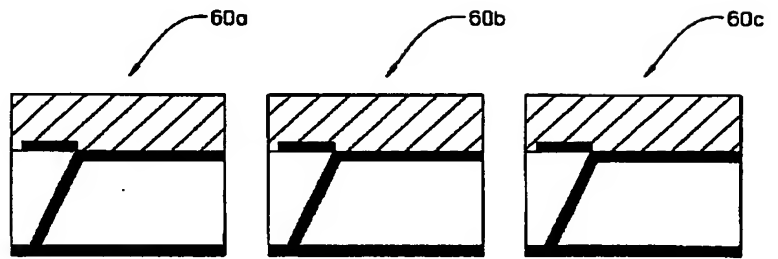
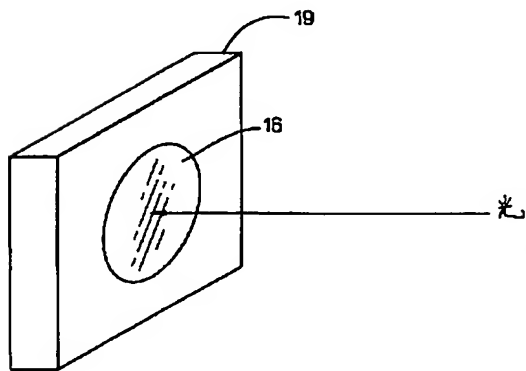


【図 2】

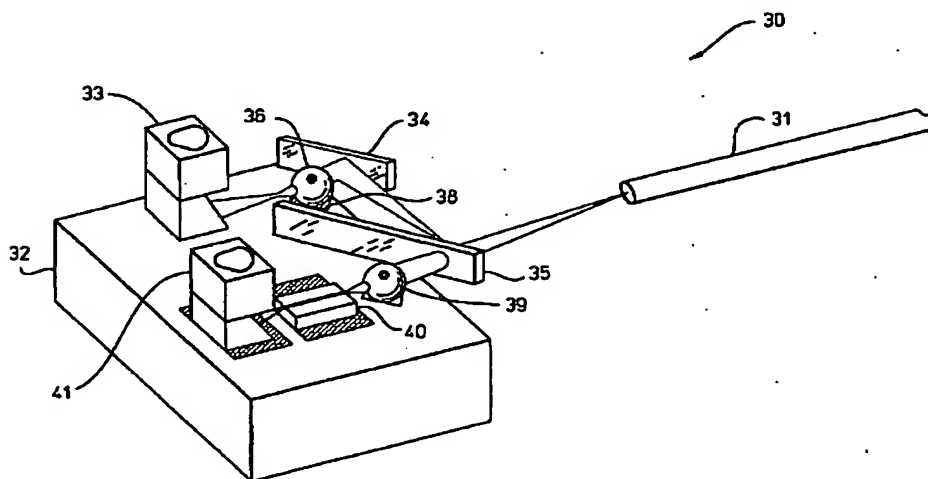


【図 3】

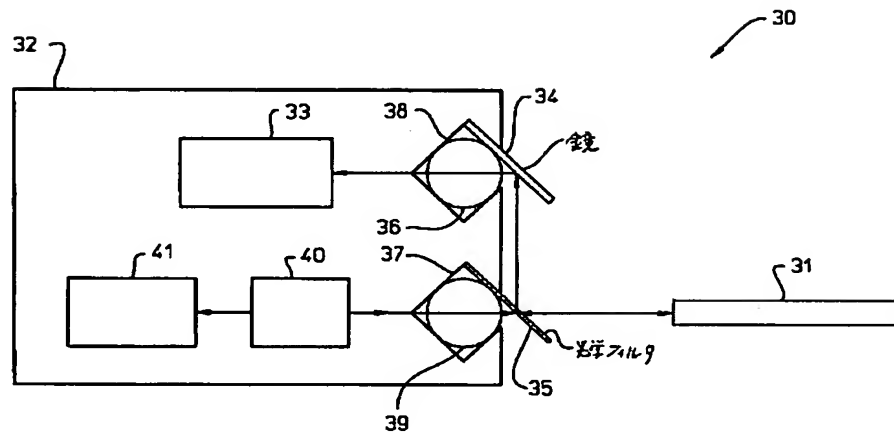
【図 1 0 E】



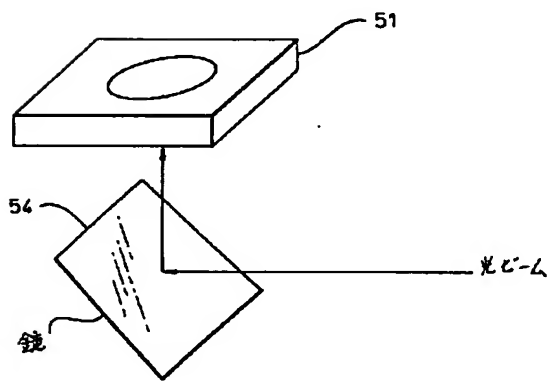
【図 4】



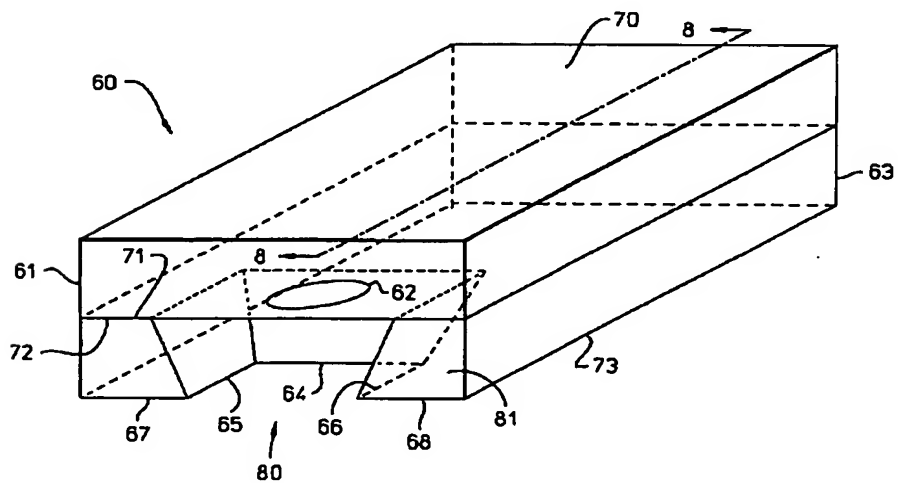
【図 5】



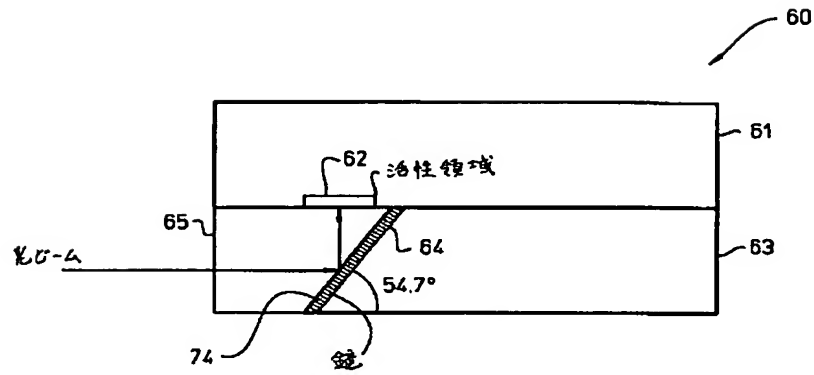
【図 6】



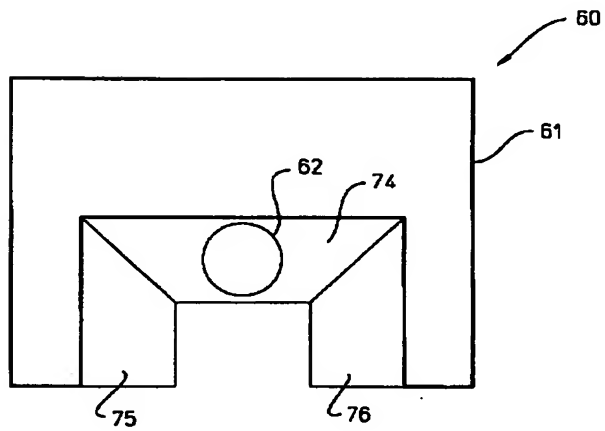
【図 7】



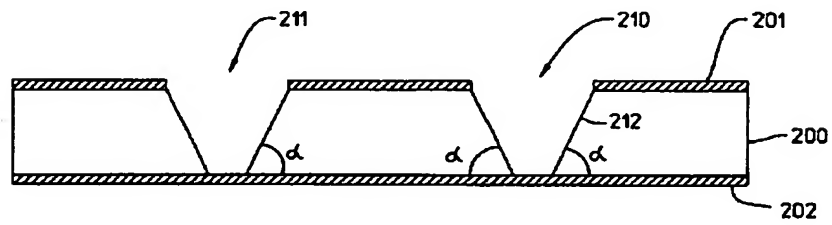
【図 8】



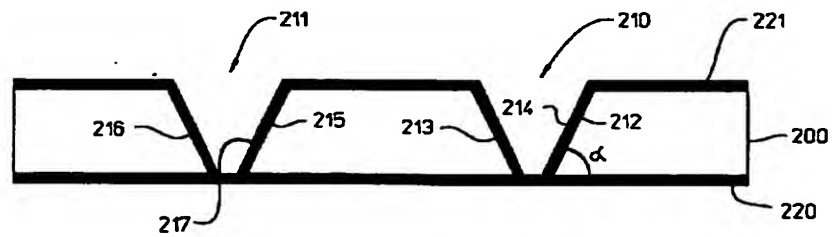
【図 9】



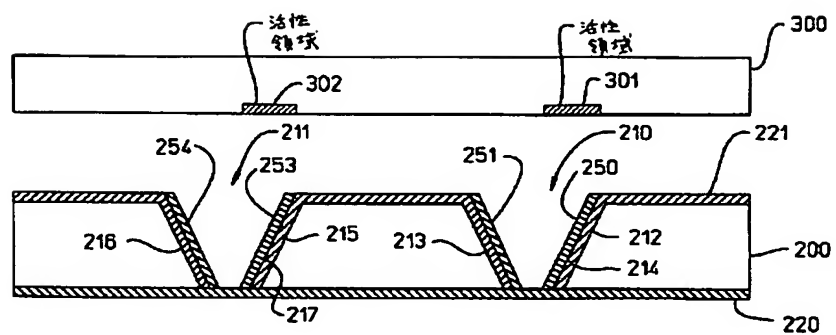
【図 10 A】



【図 10 B】



【☒ 1 0 C】



【☒ 1 0 D】

